

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro hašení ve výškách

Extinguishing Equipment at Heights

Student:

Bc. Pavel Pavlica

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Pavlica**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Zařízení pro hašení ve výškách**
Extinguishing Equipment at Heights

Zásady pro vypracování:

Navrhnete mobilní zařízení, které by umožnilo rychlé nasazení pro hašení požárů ve výškách nebo na místech, kde je problematické nebo zdlouhavé se dostat pomocí žebříku nebo pro hasiče nebezpečné či nemožné přímo zasahovat (např. střechy, hořící pole). Taktéž na místech, kde je výhodně hasit shora. Důležité je co nejvíce zkrátit dobu od nahlášení požáru, po začátek hašení. Zařízení by tak mělo být cenově dostupné, aby jej mohly vlastnit i pro menší hasičské sbory (v porovnání s dlouhými žebříky). Pro převoz by mělo mít co nejmenší rozměry. Do výšky, ze které se bude hasit, by se zařízení mělo dostat bez pomoci masivní podpěrné konstrukce a zde se pak pohybovat a cílit vodní paprsek dle pokynů obsluhy, která bude v bezpečné vzdálenosti. Zdroj tlakové vody bude hasičské čerpadlo připojené pomocí běžně užívané savičky.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh zařízení pro hašení ve výškách.
3. Pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
4. Výrobní výkres vybrané součásti.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.

Literární rešerše zpracovaná v rámci Ročníkového projektu.

Podklady firmy ZAHAS.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2015

Paul Pout-*ca*

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 18. 5. 2015



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Pavel Pavlica

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Moravní, 586

Veselí nad Moravou, 698 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PAVLICA, Pavel. *Zařízení pro hašení ve výškách : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Výrobních strojů a konstruování, 2015, 115 s. Vedoucí práce: Učeň, O.

Tato diplomová práce se zabývá konstrukcí zařízení, které umožní hašení z výšky. Vhodné bude pro pomoc při likvidaci požárů tam, kde se musí kvůli nedostupnosti nebo nebezpečí použít speciální technika. Je lehce přenosné, snadno použitelné a obsluha může na dálku ovládat jeho pohyb. Do výšky se zařízení dostane svépomocí díky reakční síle proudící vody. Reakční síla byla experimentálně změřena a porovnána s teorií. Jsou řešeny výpočty fyzikálních dějů zajišťujících funkčnost a odvozena rovnice dostupy zobrazená ve 3D grafech pro každou verzi konstrukce. Byl vytvořen 3D model, výkresová dokumentace a fotorealistická vizualizace.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

PAVLICA, Pavel. *Extinguishing Equipment at Heights : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering. Department of Production Machines and Design, 2015, 115 p. Thesis head: Učeň, O.

This Master thesis is concerned with the construction of equipment which enable the extinguishing at heights. It's easy to transport, easy to use and suitable for height located fire or application on dangerous places where using special machines is necessary. Position can be remote-controlled by crew. Equipment gets height due to reaction forces of flowing water under pressure. Experimental measurement of reaction forces was made and compared with theory. It resolves the calculations of the physical phenomena which enables functionality. Equations of max height was developed and placed in 3D graphs. A complete 3D model has been created for the creation of the underpinning documentation as well as photo-realistic visualisations.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
Úvod.....	12
1. Hašení požárů	14
2. Koncepce	
3. Vlivy na výkon zařízení	
4. Popis proudění na trysce	
4.1 Rovnice kontinuity	
4.2 Eulerova rovnice hydrodynamiky	
4.3 Bernoulliho rovnice.....	
5. Vodní proud na pevnou překážku.....	
6. Určení reakční síly na trysce.....	
6.1 Měřicí zařízení	
6.1.1 Konstrukce měřicího zařízení	
6.1.2 Elektronická jednotka - Arduino.....	
6.1.3 Program.....	
6.1.4 Průtokoměr.....	
6.1.5 Tenzometrický snímač	
6.1.6 Operační zesilovač INA125	
6.1.7 Kalibrace	
6.1.8 Zapojení	
6.2 Měření reakční síly	
6.3 Teoretický výpočet.....	
6.4 Vyhodnocení měření	
7. Hybnost proudící kapaliny	
8. Vliv přívodní hadice na výkon.....	
8.1 Hmotnost hadice.....	
8.2 Tlakové třecí ztráty po délce	

8.3	Tlaková výšková ztráta	
9.	Místní tlakové ztráty v konstrukci	
9.1	Postup simulace.....	
9.2	Ztráty v ohnutém potrubí	
9.3	Tlakové ztráty v tryskách	
10.	Finální výpočet výkonu a dostupnosti zařízení	
10.1	Rovnice dostupnosti zařízení	
10.2	Výsledné dostupnosti ve 3D grafech.....	
11.	Použitá čerpadla	
11.1	WASP 350	
11.2	WASP 4200	
11.3	Čerpací stanice AutoPrime QCP QI 100	
12.	Konstrukce	
12.1	Potrubní systém	
12.2	Konstrukce ovládacích prvků	
12.2.1	Servo TowerPro MG995.....	
12.2.2	Řídicí jednotka.....	
12.2.3	Akcelerometr GY-61	
12.2.4	Přijímač Hitec Minima 6E	
12.2.5	Vysílač Hitec Optic 6 Sport.....	
12.3	Pevnostní kontrola táhla	
12.4	Vizualizace zařízení.....	
13.	Závěr	110
14.	Seznam použité literatury	113
15.	Seznam příloh	115

Seznam použitých značek a symbolů

A	$[m^2]$	Plocha
B	$[N.kg^{-1}]$	Síla vztažená na jednotku hmoty
D	$[m]$	Průměr
E	$[J]$	Energie
F	$[N]$	Síla
F_B	$[N]$	Objemová síla
F_g	$[N]$	Tíhová síla
F_{gH}	$[N]$	Tíhová síla od hmotnosti hadice
F_{gZ}	$[N]$	Tíhová síla od hmotnosti zařízení
F_o	$[N]$	Vnější objemová síla
F_p	$[N]$	Tlaková síla
F_s	$[N]$	Plošná síla
F_{st}	$[N]$	Setrvačná síla
F_R	$[N]$	Reakční síla
F_T	$[N]$	Reakční síla trysky
G	$[-]$	Zesílení
G_{test}	$[-]$	Testovací zesílení
H	$[kg.m^2]$	Moment setrvačnosti
I_{Pmax}	$[A]$	Maximální odebíraný proud průtokoměrem
L	$[m]$	Délka
M	$[kg]$	Hmotnost
N	$[-]$	Množství imaginární hmoty
P	$[kg.m.s^{-1}]$	Hybnost
Q	$[m^3.s^{-1}]$	Průtok
Q_{krit}	$[m^3.s^{-1}]$	Kritický průtok pro Re
Q_m	$[kg.s^{-1}]$	Hmotnostní průtok
Q_T	$[m^3.s^{-1}]$	Průtok tryskou
Q_V	$[m^3.s^{-1}]$	Objemový průtok
R	$[\Omega]$	Elektrický odpor
Re	$[-]$	Reynoldsovo číslo
R_G	$[\Omega]$	Hodnota rezistoru na INA125
R_{test}	$[\Omega]$	Testovací odpor rezistoru

S	$[m^3]$	Plocha
S	$[J.K^{-1}]$	Entropie
U	$[V]$	Napětí
U_{AD}	$[V]$	Napětí na vstupu AD převodníku
U_{ADtest}	$[V]$	Testovací napětí na vstupu AD převodníku
U_{dif}	$[V]$	Změna napětí
U_{in}	$[V]$	Napájecí napětí
U_{NP}	$[V]$	Napájecí napětí průtokoměru
U_{Tin}	$[V]$	Napájecí napětí tenzometru
U_{Tmax}	$[V]$	Maximální napětí na výstupu z tenzometru
U_{TI}	$[V]$	Napětí 1 kroku nezesíleného signálu tenzometru
Y	$[J.kg^{-1}]$	Měrná energie
a	$[m.s^{-2}]$	Zrychlení
d	$[m]$	Průměr
e	$[m]$	Absolutní drsnost vnitřní stěny potrubí
e_z	$[J.kg^{-1}]$	Obecné ztráty v potrubí
g	$[m.s^{-2}]$	Gravitační zrychlení
h	$[m]$	Výška
h_0	$[m]$	Referenční výška
h_z	$[m]$	Ztrátová výška
l	$[m]$	Délka
m	$[kg]$	Hmotnost
m_H	$[kg]$	Hmotnost 1 m hadice
m_{min}	$[kg]$	Hmotnostní rozlišení tenzometru
m_{test}	$[kg]$	Testovací zátěž
\vec{n}	$[-]$	Jednotkový vektor vnější normály
p	$[Pa]$	Tlak
p_{abs}	$[Pa]$	Absolutní tlak
p_{atm}	$[Pa]$	Atmosférický tlak
p_{rel}	$[Pa]$	Relativní tlak
p_s	$[Pa]$	Statický tlak
p_z	$[Pa]$	Ztrátový tlak
p_{zH}	$[Pa]$	Ztrátový tlak v hadici
p_{zM}	$[Pa]$	Ztrátový tlak v důsledku místních ztrát

p_{zT}	[Pa]	Ztrátový tlak v trysce
p_{zV}	[Pa]	Ztrátový tlak od výšky
p_0	[Pa]	Referenční tlak
t	[s]	Čas
v	[m.s ⁻¹]	Rychlost
Ψ	[V]	Rozlišení napětí na AD převodníku
α	[°]	Úhel vektoru rychlosti vůči průřezu
ε	[-]	Relativní drsnost potrubí
ε	[m ³]	Množství protečené vody při měření
ζ	[mV.V ⁻¹]	Diferenční koeficient tenzometru
λ	[-]	Součinitel drsnosti
ρ	[kg.m ⁻³]	Hustota
ρ_m	[Ω.m]	Měrný elektrický odpor
ρ_v	[kg.m ⁻³]	Hustota vody
ν	[m ² .s ⁻¹]	Kinematická viskozita
φ	[°]	Úhel odchylky potrubí od osy SS
χ	[-]	Hodnota na AD převodníku

Úvod

Požáry různých druhů se bohužel objevují relativně často. Cílem je vždy požár co nejrychleji zneškodnit. Především tak zranění či úmrtí osob a co nejvíce eliminovat škody na majetku, který je požárem ohrožen. Statistiku za minulé roky přináší následující tabulka.

Tabulka 0-1 Požáry v letech 1999 až 2013 [10]

Rok	Počet požárů	Škoda [Kč]	Uchráněné hodnoty	Usmrceno osob	Zraněno osob
1999	20 857	2 088 610 700	8 907 455 000	105	934
2000	20 919	1 426 340 200	6 584 122 000	100	975
2001	17 285	2 054 670 000	6 230 121 000	99	881
2002	19 132	3 731 915 000	6 251 751 000	109	942
2003	28 937	1 836 614 900	7 646 975 000	141	1 112
2004	21 191	1 669 305 100	6 977 363 000	126	918
2005	20 183	1 634 371 000	7 110 116 000	139	914
2006	20 262	1 933 991 700	9 182 541 000	144	191
2007	22 394	2 158 494 200	8 974 428 000	130	1 024
2008	20 946	3 277 297 400	14 545 693 000	142	1 109
2009	20 177	2 169 150 200	9 074 906 000	117	980
2010	17 937	1 956 159 200	11 115 762 000	131	1 060
2011	21 125	2 241 800 100	8 078 932 000	129	1 152
2012	20 492	2 861 527 700	10 637 936 000	125	1 286
2013	17 105	2 402 562 900	13 342 294 000	111	1 189

Pro účely požární ochrany se zavádí tzv. třídy požárů. Do těchto tříd se požáry dělí hlavně podle druhu hořících látek:

- Třída A – požáry pevných látek, zejména organického původu, jejich hoření je zpravidla provázáno žhnutím (papír, dřevo, textil...)
- Třída B – požáry kapalin nebo látek přecházejících do kapalného skupenství (benzín, nafta, barvy, dehet, tuky, parafín...)
- Třída C – požáry plynů (acetylen, vodík, metan, propan...)
- Třída D – požár lehkých kovů (hořčík, slitiny hliníku) nebo alkalických kovů (lithium, sodík, draslík...). Vzhledem k vysoké teplotě hoření je potřeba použít speciálních suchých hasiv nebo speciálně provedených prášků.

Třída F – požáry jedlých olejů a tuků (rostlinné nebo živočišné oleje a tuky)

Dalším, neméně důležitým parametrem požáru je jeho lokace. Od toho se určuje strategie hašení a použitá technika. Jiná strategie se zvolí pro požár automobilu, stohu slámy, pole, lesa, rodinného domu, výrobní haly, výškové budovy... Zásadní věcí je dopravení daného množství hasiva na místo určení. Jen tak může být hašení efektivní. To ovšem může být zvláště u hašení z výšky problém. Hasivo (většinou vodu) stříkají hasiči z proudnice. Na vhodné místo, ze kterého se hasí, se tak musí dostat hasič i s proudnicí. A to v některých případech vyžaduje použití speciální techniky nebo je to příliš riskantní. V těchto případech by se hodilo skladné zařízení, které by umožňovalo hašení z míst, kam se nemůže hasič přímo dostat.

Samozřejmě, že je vždy možnost použít vysoko zdvižnou plošinu nebo žebřík. Pro jejich použití je ovšem nutno přijet se speciálním vozem a ne vždy jde zaparkovat přímo u požáru. Navíc je důležité co nejdříve začít s hašením. A než se na místo dostane plošina nebo žebřík, zabere to nějaký čas. A u zdolávání požárů se počítá každá minuta. Ovšem pokud by měli hasiči možnost výškového hašení pomocí nějakého skladného, účinného a cenově dostupného zařízení, které by tak mohla vlastnit téměř každá hasičská stanice, mohlo by se hasit již před příjezdem vysoko zdvižné plošiny a předejít rozhoření požáru s nižšími škodami na majetku. Nové zařízení by tak mělo mít tyto parametry, díky kterým by mělo výhodu oproti vysoko zdvižné plošině:

- skladnost pro převoz a uskladnění
- operativnost a rychlost nasazení
- cenová dostupnost
- co nejjednodušší ovládání
- odolnost
- kompatibilita

1. Hašení požárů

V hasičské praxi se používají různé druhy hasících proudů. Jejich volba je podmíněna specifickými podmínkami danými druhem požáru a taktickými možnostmi jeho likvidace. Hasící proudy se můžou dle druhu a způsobu použití rozdělit následovně:

Plné vodní proudy – vyznačují se velkým dynamickým účinkem a dostřikem

Rozprášené vodní proudy – vyznačují se schopností absorbovat velké množství tepla při malé spotřebě vody

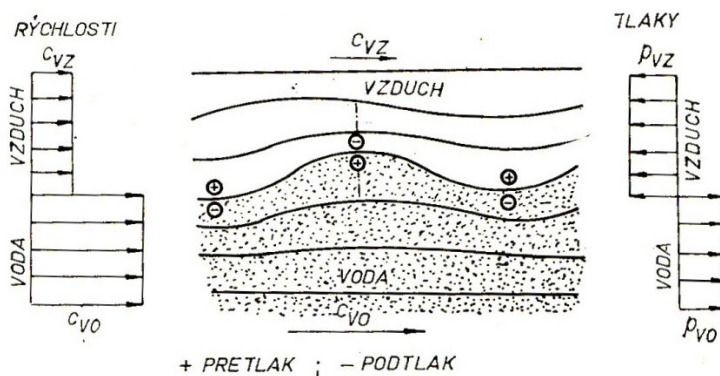
Vodní proudy s přísadami smáčecích látek – mají podstatně vyšší koeficient užitkového působení při hašení než proudy bez smáčecích látek

Pěnové proudy – používají se převážně pro hašení hořlavých látek s vyšší měrnou hmotností než je měrná hmotnost hašené látky (např. hořlavé kapaliny).

Plynové proudy – vyznačují se značným dusivým účinkem.

Dále bude pozornost věnována jen vodním proudům. Jak již bylo uvedeno, plné vodní proudy mají velké dynamické účinky a daleký dostřik. To je vhodná kombinace pro vyvíjené zařízení. Ovšem aby byly zaručeny předpokládané vlastnosti vodního proudu, je potřeba vhodně zvolit parametry neboli okrajové podmínky. Ty se musí při vytváření plného vodního proudu dodržet.

Voda vytékající z proudnice (pro plný proud) se v okamžiku opuštění hubice začne rozpadat na oddělené kapky. Příčinou rozpadu je vzájemné působení vody a vzduchu, který povrch vodního proudu obklopuje a také turbulentní pohyb částic vody uvnitř proudu. Tento jev je schematicky znázorněn na obr. (1-1).



Obr. 1-1 Schéma vody opouštějící proudnici [5]

Následkem těchto příčin vznikají na povrchu vodního proudu vlny. Rychlost přemísťování těchto vln bude nižší než rychlost proudění vody uvnitř proudu. Podobně jako na povrchu vodního proudu, vznikají tyto vlny také ve vzduchu. Z Bernoulliho zákona pro proudy vzduchu a vody vyplývá, že na hřebenech vln vody se tlak zvýší. A opačně v prohlubních sníží. Tento jev se odehrává také ve vrstvách vzduchu. Rozdělení tlaků tak bude nerovnoměrné. Rovnovážné vlny se pak jeví jako nestabilní. Čili amplituda vlny se začne postupně zvětšovat, což zákonitě vede k rozpadu proudu na oddělené kapky.

Kvalitu a typ vodního proudu ovlivňují podmínky přívodu vody k proudnici a konstrukce samotné proudnice. Voda by měla v ideálním případě proudit k proudnici laminárně. Existence turbulencí rotujících okolo vlastní osy značně snižuje kvalitu proudu a vznikají ztráty. Z praktické zkušenosti hasičských útoků je vhodné, aby byla hadice před proudnicí vedena přímo v délce 4 až 5 metrů. Za účelem zachování rovnoměrného proudění uvnitř hadice se do hadicového vedení umísťují tzv. usměrňovače.

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné
oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učné, Ph.D.**

13. Závěr

Tato diplomová práce se zabývala zařízením, které je zcela unikátní konstrukce a mohlo by pomoci při hašení určitých druhů požárů. Zvláště těch, které jsou ve výškách nebo je obtížné či nebezpečné se k nim dostat.

Každý požár má svá specifika, ale všechny mají společné to, že je třeba co nejdříve začít s hašením. Proto měl požadavek levné konstrukce a snadného transportu vysokou prioritu. To proto, aby zařízení mohlo vlastnit co nejvíce hasičských jednotek. V praxi by to znamenalo, že by mohly složité požáry začít hasit již první jednotky, které na místo přijedou. Většinou jsou to místní hasiči, kteří jsou místu nejbližší, ale ti mají často omezené technické možnosti. Nemuselo by se tak například čekat na příjezd výsuvných automobilových žebříků.

Díky tomu, že by toto zařízení bylo skladné, mohlo by být vždy připraveno k použití. Nepodařilo se mi dohledat, že by hasiči využívali nějaké zařízení tohoto principu. Proto se v první řadě muselo určit, zda je vůbec tato koncepce možná. Adrenalinový sport Flyboard dával tušit, že je to reálné, ovšem nebylo jisté, zda by to fungovalo i s menšími čerpadly. Flyboard využívá jako čerpadlo vodní skútr o výkonu cca 100 kW, ale běžně používaná přenosná hasičská čerpadla jsou mnohem méně výkonná.

Proto se určil princip, na kterém by zařízení fungovalo. Ten byl nakonec převzat z Flyboardu. Matematicky se popsaly vlivy ovlivňující celkový dostup, neboli výšku, kam je zařízení schopno vystoupat. Tyto vlivy se dají rozdělit na dva typy. Jedním jsou síly (reakční od proudění vody a gravitační od hmotnosti zařízení a hadice), které se vektorově sčítají.

Druhými vlivy jsou tlakové ztráty vznikající prakticky po celé délce proudění kapaliny. Některé ztráty šlo vypočítat analyticky, ale určení ztráty v konstrukci vyžadovalo simulaci proudění metodou FEM (MKP). Díky tomu šlo velmi přesně tyto ztráty určit a konstrukci tak optimalizovat. Všechny tyto tlakové ztráty se pak sečtou a definuje se tak potřebný tlak, které musí čerpadlo poskytnout.

Sloučit všechny vlivy do jediné rovnice byl komplikovaný úkol. Proto se tyto výpočty prováděly pomocí specializovaného matematického softwaru. V něm se pak mohly výsledky vizualizovat do 3D grafů.

Všechny tyto výpočty se prováděly pro všechny 4 druhy hasičských přípojek a s tím související rozměry samotného zařízení, aby se určila optimální varianta pro daná čerpadla. Také se zvolily 2 různé druhy trysek, aby se pokrylo více možností. Výsledkem je výška, do které se dostane ta která verze při daném průtoku a tlaku.

Pokud by se zařízení řešené v této diplomové práci někdy ve skutečnosti postavilo, osvědčilo a v konečném důsledku dokázalo pomáhat při hašení požárů, byl by to pro mě skvělý pocit.

Chtěl bych na tomto místě poděkovat Ing. Oldřichu Učňovi, Ph.D. za cenné rady a vedení při tvorbě této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat za přínosnou konzultaci doc. Ing. Sylvě Drábkové, Ph.D. z katedry hydrodynamiky a hydraulických zařízení.

14. Seznam použité literatury

- [1] DRÁBKOVÁ, Sylva. *Mechanika tekutin*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. 257 s. ISBN 978-80-248-1508-4.
- [2] FOX, Robert W., Alan T. MCDONALD a Philip J. PRITCHARD. 2004. *Introduction to Fluid Mechanics*. United States of America: John Wiley & Sons. 787 s. ISBN 978-0-471-20231-8.
- [3] SPURK, Joseph H. a Nuri AKSEL. 2008. *Fluid Mechanics*. 2. vydání. Berlin: Springer. 531 s. ISBN 978-3-540-73536-6.
- [4] BRDLIČKA, Miroslav, Ladislav SAMEK a Bruno SOPKO. 2011. *Mechanika kontinua*. Praha: Academia. 878 s. ISBN 978-80-200-2039-0.
- [5] PALÚCH, Ivan. 1976. *Hydraulika - Teória a prax pre zdolávanie požiarov*. 1. vyd. Praha: SNTL. 428 s. ISBN 06-093-76.
- [6] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. 2009. *Základy konstruování*. Brno: Cerm. 234 s. ISBN 978-80-7204-633-1.
- [7] FEYNMAN, Richard P., Robert B. LEIGHTON a Matthew SANDS. 2001. *Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady 2*. 1. vyd. Praha: Fragment. 806 s. ISBN 80-7200-420-4.
- [8] REKTORYS, Karel. 2000. *Přehled užití matematiky I*. Praha: Prometheus. 720 s. ISBN 978-80-7196-180-2.
- [9] REKTORYS, Karel. 2000. *Přehled užití matematiky II*. Praha: Prometheus. 874 s. ISBN 978-80-7196-181-7.
- [10] Statistika. 2015. *HZSČR* [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/info-servis-statistiky.aspx>
- [11] Marmaris Water Sports [online]. 2013. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://www.marmariswatersports.com/>
- [12] Flyboard Legend. 2015. *Zapata Racing* [online]. [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://www.zapata-racing.com/en/flyboard/>
- [13] Reading Water Flow Rate from a flow meter. 2010. *Arduino.cc* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=8548.0>
- [14] Arduino flow rate sensor interfacing. 2014. *DIY Hacking* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://diyhacking.com/arduino-flow-rate-sensor/>

- [15] Hall Effect Water Flowmeter. 2014. *Developer Cats* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://developercats.com/hall-effect-water-flowmeter-arduino-compatible/>
- [16] Hallův jev. 2013. *WikiSkripta* [online]. [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Hall%C5%AFv_jev
- [17] Reading Strain Gauge Scales with Arduino. 2013. *Deferred Procrastination* [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.deferredprocrastination.co.uk/blog/2013/reading-strain-gauge-scales-with-arduino/>
- [18] Weight sensors and arduino. 2011. *Hardware to software* [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.hw2sw.com/2011/10/20/weight-sensors-and-arduino/>
- [19] Arduino Load Cell. 2014. *Flow RC* [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://flowrc.co.uk/load_cell_1.html
- [20] Working with a Load Cell and an Arduino. 2012. *The University of Chicago Enrico Fermi Institute Electronics Design Group* [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://edg.uchicago.edu/tutorials/load_cell/
- [21] INA125 INSTRUMENTATION AMPLIFIER With Precision Voltage Reference. 1998. In: *Burr-Brown Corporation* [online]. United States of America [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina125.pdf>
- [22] Pyrotex PES-R C52 - delivery hose. 2009. *Pyrotex* [online]. [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: <http://www.knezek.cz/en/e-shop/detail/presure-hoses-and-suction-hoses/fire-hoses/pyrotex-pes-r-c52-delivery-hose.html>
- [23] ZAHAS. 2013. *ZAHAS Záchranné a hasičské systémy* [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.zahas-sro.cz/>
- [24] Arduino UNO Rev3. 2015. *Arduino.cc* [online]. [cit. 2015-02-08]. Dostupné z: <http://store.arduino.cc/product/A000066>
- [25] Arduino Nano. 2015. *Arduino.cc* [online]. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
- [26] Full-Range Micro Receivers. 2011. *Model Airplane Flight* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.modelairplanenews.com/blog/2011/03/25/hitec-minima-6t-and-minima-6e-6-channel-full-range-micro-receivers/>
- [27] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.

15. Seznam příloh

- A Přepis programu pro měření reakční síly, který byl nahrán do Arduina
- B Tabulka s kompletními hodnotami měření na trysce
- C Grafické znázornění výsledků simulací včetně grafů pro zjištění ztrátového tlaku v ohnutém potrubí konstrukce
- D Výsledky simulací pro všechny velikosti použitých trysek
- E Sestava verze C52 (výkres formátu A0)
- F Centrální díl (výkres formátu A0)
- G Řízené rameno (výkres formátu A2)
- H Příruba A (výkres formátu A3)
- I Příruba B (výkres formátu A3)
- J Potrubí řízeného ramene (výkres formátu A3)
- K Táhlo (výkres formátu A3)
- L Plošina (výkres formátu A3)
- M Držadlo (výkres formátu A4)
- N Přítlačný kotouč (výkres formátu A4)
- O Úchyt plošiny (výkres formátu A4)
- P Úchyt serva (výkres formátu A4)
- Q Tryska (výkres formátu A4)
- R CD-ROM

Přílohy jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce Ing. Oldřicha Učně, Ph.D.